



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 102 13 875 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**H 02 N 2/06**  
F 02 D 41/20

②1 Aktenzeichen: 102 13 875.3  
②2 Anmeldetag: 27. 3. 2002  
④3 Offenlegungstag: 16. 10. 2003

DE 102 13 875 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Melbert, Joachim, Prof., 82041 Deisenhofen, DE;  
Schugt, Michael, Dr., 44879 Bochum, DE

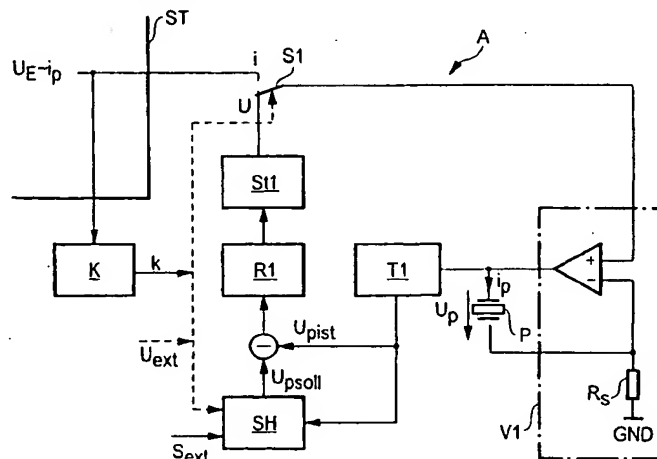
⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 198 10 525 C2  
DE 199 44 733 A1  
DE 199 21 456 A1  
DE 198 41 460 A1  
DE 100 28 353 A1  
DE 100 25 579 A1  
DE 44 32 059 A1  
DE 35 22 994 A1  
US 54 79 062 A  
JP 04-3 68 483 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines Piezoaktors

⑤7 Verfahren und Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines Piezoaktors, wobei der Piezoaktor während einer Lade- oder Entladephase mit einem Strom  $i_p$  mit vorgegebener Amplitude und Kurvenform geladen oder entladen wird, und wobei die am Piezoaktor am Ende der Lade- oder Entladephase anliegende Piezospannung während einer Haltephase mittels eines Haltestroms auf einen Konstantwert geregelt wird.



DE 102 13 875 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern wenigstens eines Piezoaktors, insbesondere zum Betätigen eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

[0002] Piezoaktoren werden abhängig von der jeweiligen Anwendung auf verschiedene Weise mit entsprechenden elektronischen Schaltungen angesteuert. Bei Ansteuerung mit sinusförmigem Strom ist ein Piezoaktor vorzugsweise ein Element eines elektrischen Resonanzkreises in einer Oszillatorschaltung. Bei langsam veränderlichen Auslenkungen kommen häufig Spannungsverstärker mit niederohmigem Ausgang zum Einsatz.

[0003] Für kurzzeitige Auslenkungen, wie beispielsweise in Kraftfahrzeug-Einspritzsystemen, bilden Piezoaktoren zusammen mit L-C-Kreisen sowie Dioden und Schaltern eine Umschwingstufe mit dem Ziel der abschnittsweisen sinusförmigen Ansteuerung und wegen des günstigen Wirkungsgrades infolge einer möglichen Energierückspeisung. Variable Signalformen sind nur in begrenztem Umfang und mit zusätzlichem Aufwand möglich.

[0004] Bei allen genannten Formen der Piezoansteuerung besteht die Gefahr von Störungen im Wegverlauf, verbunden mit unkontrollierten Aktorbeschleunigungen, falls sich die Spannung am Piezoaktor kurzzeitig ändert. Dies tritt beispielsweise in den genannten Umschwingendstufen auf, wenn Diodenstrecken zur Begrenzung der Spannung am Piezoaktor eingesetzt werden. Hierdurch werden auch unerwünschte mechanische Transienten und akustische Störungen angeregt. Ebenso problematisch ist, dass ein Piezoaktor als variable kapazitive Last am Ausgang von Spannungsverstärkern die Stabilität und das Einschwingverhalten beeinträchtigt, wenn diese Verstärker mit einer Gegenkopplung versehen sind.

[0005] Ein bekanntes Problem ist, dass dann die Gefahr der Zerstörung des Piezoaktors bei unkontrolliertem Strom gegeben ist, wenn ein hinreichend schneller Spannungsanstieg  $du/dt$  vorliegt.

[0006] Vorteilhaft ist die Ansteuerung eines Piezoaktors mit einem Stromverstärker, um die genannten Nachteile zu vermeiden. Ein Bewegungsvorgang wird dann beendet, wenn der durch den Piezoaktor fließende Strom wieder den Wert Null erreicht. Über die Wahl des Stromverlaufs kann dabei direkt die Aktorgeschwindigkeit gesteuert werden.

[0007] Für eine definierte statische Auslenkung eines Piezoaktors ist es jedoch erforderlich, die Spannung am Piezoaktor konstant zu halten, da sonst der Ladungsverlust im Piezoaktor die Auslenkung verändert.

[0008] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Ansteuern wenigstens eines Piezoaktors anzugeben, welches eine schnelle, störarme Auslenkung dieses wenigstens einen Piezoaktors, bei der keine Auslenkungsverluste nach Aufladung des Piezoaktors stattfinden, ermöglicht. Aufgabe der Erfindung ist es auch, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens zu schaffen.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß den Merkmalen nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 5 gelöst.

[0010] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird während einer Ladephase der Piezoaktor mit einem Strom geladen, der proportional zu einer Steuerspannung ist und der den zeitlichen Verlauf der Expansion des Piezoaktors festlegt.

[0011] Während einer Haltephase – der Dauer einer stabilen Piezoauslenkung – wird eine konstante Spannung am Piezoaktor aufrecht erhalten, die gerade so hoch ist wie die

Spannung, die bei Bewegungsende des Piezoaktors an diesem anlag.

[0012] Während einer Entladephase wird der Piezoaktor mit einem Strom entladen, der proportional zur Steuerspannung ist und der den zeitlichen Verlauf der Kontraktion des Piezoaktors festlegt.

[0013] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann nach dem Stromende eine zeitliche Verzögerung vor Beginn der Spannungsregelung vorgesehen sein.

[0014] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens weist eine Ansteuerschaltung mit zeitlich variablem Ausgangsverhalten auf. Während des Bewegungsvorgangs liefert sie einen Strom in den Piezoaktor, dessen Verlauf beispielsweise von einem Motorsteuergerät vorgegeben wird. Dazu weist die Ansteuerschaltung eine gesteuerte Stromquelle auf, deren Ausgang definitionsgemäß eine hohe Impedanz aufweist.

[0015] Anschließend wird die Ansteuerschaltung in einen Betriebszustand überführt, der mittels eines Spannungsverstärkers eine feste Ausgangsspannung liefert, die gerade so hoch ist wie die Spannung, die am Ende der Auslenkung des Piezoaktors an diesem anlag.

[0016] Hierzu wird mittels einer Sample-and-Hold-Schaltung (Folge-/Speicherschaltung) die am Piezoaktor anliegende Spannung mitgeführt, solange eine von Null verschiedene Steuerspannung für den Stromverstärker vorliegt. Diese Spannung dient dann als Sollwert für den Spannungsverstärker. Die Ansteuerschaltung erkennt aus dieser analogen Steuerspannung, ob ein Bewegungsvorgang stattfinden oder der Auslenkungszustand stabil beibehalten werden soll.

[0017] Der Vorteil eines solchen Verfahrens und einer solchen Ansteuerschaltung ist, dass kurz dauernde Piezoauslenkungen stabil und mit minimalen Auslenkungsstörungen vorgenommen werden können und dass nach erfolgter Auslenkung diese über längere Zeiten stabil beibehalten werden kann.

[0018] Es kann auch eine feste Grundausslenkung oder statische Kraft eingestellt werden, der die pulsförmige Bewegung überlagert wird.

[0019] Der Betrieb mit einer hochohmigen Stromquelle ist besonders günstig für eine minimale mechanische und akustische Störangeregung, da direkt auf den Bewegungsverlauf des Piezoaktors eingewirkt wird.

[0020] Ebenso vorteilhaft ist, dass bei einem definierten Ladungsaustausch zwischen Ansteuerquelle und Piezoaktor eine bessere Proportionalität zur Auslenkung besteht und die auftretende Hysterese deutlich kleiner ausfällt als bei einer Spannungsansteuerung.

[0021] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die dynamische mechanische Steifigkeit eines Piezoaktors in einem weiten Bereich veränderbar ist. Zwischen Spannungs- und Stromansteuerung ändert sich die dynamische mechanische Steifigkeit eines Piezoaktors um bis zu 70%. Damit kann auf die mechanischen Eigenschaften des Ansteuersystems Einfluss genommen werden. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen oder werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels nach der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

[0022] Fig. 1 eine erfindungsgemäße Ansteuerschaltung für einen Piezoaktor, und

[0023] Fig. 2 den schematischen Verlauf von Steuersignal, Strom und Spannung während eines Ansteuerzyklus eines Piezoaktors.

[0024] Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Ansteuerschaltung A zur Durchführung des erfindungsgemäßen

Verfahrens für die Ansteuerung eines Piezoaktors, der beispielsweise ein Kraftstoff-Einspritzventil einer Kraftfahrzeug-Brennkraftmaschine betätigt. Zugleich mit der Ansteuerschaltung wird deren Wirkungsweise unter Zuhilfenahme von Fig. 2 erläutert.

[0025] Ein Leistungsverstärker V1, zwischen dessen Ausgang und invertierendem Eingang "-" ein anzusteuender Piezoaktor P angeordnet ist, und zwischen dessen invertierendem Eingang "-" und Bezugspotential GND ein Widerstand  $R_S$  angeordnet ist, ist als steuerbare Stromquelle beschaltet.

[0026] An den nichtinvertierenden Eingang "+" des Leistungsverstärkers V1 ist über einen Umschalter S1 in dessen erster Stellung i eine von einem Motorsteuergerät ST vorgegebene Steuerspannung  $u_E$  ( $+u_E$  beim Laden des Piezoaktors P oder  $-u_E$  beim Entladen) gelegt, die (Fig. 2) an dessen Ausgang einen zu ihr proportionalen Strom  $i_P$  ( $i_P = u_E/R_S$ ) erzeugt, mit welchem der Piezoaktor geladen ( $+i_P$ ) oder entladen ( $-i_P$ ) wird.

[0027] Der Ausgang des Leistungsverstärkers V1 ist auch mit einem Spannungsteiler T1 verbunden, der die am Piezoaktor P liegende Piezospannung  $u_P$  in einem vorgegebenen, für die Weiterverarbeitung geeigneten Verhältnis, beispielsweise 100/1, teilt und diesen Wert  $u_P/100$  als Istwert  $u_{pist}$  einer Sample-and-Hold-Schaltung SH zuführt. Dieser Istwert  $u_{pist}$  wird zu einem bestimmten Zeitpunkt t2 bzw. t4 als Sollwert  $u_{psoll}$  gespeichert. Es kann aber auch ein externer Sollwert  $S_{ext}$  vorgegeben werden.

[0028] Die Differenz [ $u_{psoll}$  (oder  $S_{ext}$ ) -  $u_{pist}$ ] von gespeichertem oder vorgegebenem Sollwert  $u_{psoll}$  und momentanem Istwert  $u_{pist}$  wird anschließend einem Regler R1 mit anschließendem Stellwertbegrenzer St1 (für die Regelgröße  $u_P$ ) zugeführt, der daraufhin die am Piezoaktor P liegende Spannung  $u_P$  konstant hält, solange die Regelschleife über den Umschalter S1 (in Stellung u) geschlossen ist.

[0029] Des weiteren ist ein Fensterkomparator K vorgesehen, dem die Steuerspannung  $u_E$  zugeführt wird. Der Fensterkomparator K gibt ein Ausgangssignal k (Fig. 2) aus, welches H-Pegel hat, wenn die Steuerspannung  $u_E$  außerhalb des Komparatorfensters, das zwischen vorgegebenen, nahe bei Null liegenden Schwellwerten  $s_+$  und  $s_-$  liegt. Liegt  $u_E$  innerhalb des Komparatorfensters ( $u_E \approx 0$  V), so hat das Ausgangssignal k L-Pegel. Das Ausgangssignal k des Fensterkomparators K wird als Steuersignal sowohl dem Umschalter S1 als auch der Sample-and-Hold-Schaltung SH zugeführt.

[0030] Anstelle mit dem Ausgangssignal k des Fensterkomparators K kann auch ein in Fig. 1 mit einem strichlierten Pfeil angedeutetes, externes Steuersignal  $U_{ext}$  (das ebenfalls im Motorsteuergerät erzeugt werden kann) den Umschalter S1 und die Sample-and-Hold-Schaltung SH steuern.

[0031] Die Ansteuerschaltung A erkennt aus der Amplitude der Steuerspannung  $u_E$  oder des externen Steuersignals  $U_{ext}$ , ob ein Bewegungsvorgang des Piezoaktors stattfinden soll oder ob sein Auslenkungszustand konstant gehalten werden soll.

[0032] Das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet folgendermaßen:

ausgehend von einem stabilen Zustand (vor dem Zeitpunkt t1 in Fig. 2), in welchem die Steuerspannung  $u_E = 0$  V ist und das Ausgangssignal k des Fensterkomparators K ein L-Signal ist, steht der Umschalter S1 in seiner Stellung u. Der Piezoaktor ist entladen (ein von ihm betätigtes Kraftstoff-Einspritzventil ist geschlossen) und die am Piezoaktor anliegende Spannung  $u_P = 0$  V. Die Ansteuerschaltung A befindet sich im so bezeichneten Spannungs- oder "u-Modus".

[0033] Beginnt nun während der Lade- oder Entlade-Phase die (positive)

Steuerspannung  $+u_E$  zu steigen, so wird zum Zeitpunkt t1, in welchem sie einen Schwellwert  $s_+$  übersteigt, Umschalter S1 in Stellung i gelegt. Die Ansteuerschaltung A schaltet in den so bezeichneten Strom- oder "i-Modus" um, wodurch die Steuerspannung  $+u_E$  an den nichtinvertierenden Eingang des Leistungsverstärkers V1 gelangt, mit dessen Ausgangssignal - dem zur Steuerspannung  $+u_E$  proportionalen Ladestrom  $+i_P$  - der Piezoaktor P geladen wird.

[0034] Der Verlauf von Steuerspannung  $u_E$  bzw. Ladestrom  $i_P$  der erfindungsgemäßen Ansteuerschaltung A ist frei wählbar. Damit kann aufgrund der bekannten elektromechanischen Wechselwirkungen von Piezoaktoren sowohl deren Auslenkungsgeschwindigkeit sowie der Aktorhub optimal gesteuert werden. Der Verlauf von Steuerspannung  $u_E$  bzw. Ladestrom  $i_P$  hat in diesem Ausführungsbeispiel die Form eines Gauß-förmigen Signalverlaufs.

[0035] Am Piezoaktor P beginnt sich eine Ladespannung  $u_P$  aufzubauen, die, im Spannungsteiler T1 beispielsweise im Verhältnis 100:1 geteilt wird. Die Spannung  $u_P/100$  wird der Sample-and-Hold-Schaltung SH zugeführt und in dieser solange mitgeführt, bis im Zeitpunkt t2 die Steuerspannung  $u_E$  den Schwellwert  $s_+$  wieder unterschreitet und der Ladestrom  $i_P$  wieder zu Null wird. Dadurch springt das Ausgangssignal k des Fensterkomparators K auf L, der Umschalter S1 geht in Stellung u, und es beginnt die Haltephase bzw. der Spannungsmodus.

[0036] Mit dem Sprung des Ausgangssignals k des Fensterkomparators K von H nach L im Zeitpunkt t2 (vor dem ggf. die Verzögerungszeit vorgesehen ist) wird die dann am Piezoaktor P anliegende Ladespannung  $u_{pist}$  in der Sample-and-Hold-Schaltung SH als Sollwert  $u_{psoll}$  gespeichert. Eine digitale Speicherung erlaubt beliebig lange Speicherzeiten.

[0037] Solange die Haltephase bzw. der Spannungsmodus nun andauert, wird die am Piezoaktor P liegende Istspannung  $u_{pist}$  auf den gespeicherten Sollwert  $u_{psoll}$  geregelt - das von ihm betätigte Kraftstoff-Einspritzventil ist geöffnet und spritzt Kraftstoff in einen Zylinder einer Brennkraftmaschine ein. Der Leistungsverstärker V1 bleibt dabei im Strommodus, allerdings kann über den geschlossenen Regelkreis die Piezospannung  $u_P$  konstant gehalten werden, indem eine der Spannungsdifferenz entsprechende Regelspannung  $u_E$  (als Eingangsspannung für den Leistungsverstärker) erzeugt wird, die am Ausgang des Leistungsverstärkers V1 einen entsprechenden Lade- oder Entladestrom generiert. Das hat den Vorteil, dass der Gegenkopplungskreis des Leistungsverstärkers auch in der Umschaltphase geschlossen bleibt. Über die Auslegung von Regler R1 und Stellwertbegrenzer ST1 kann auf die dynamische mechanische Steifigkeit eingewirkt werden.

[0038] Soll nun der Piezoaktor P wieder entladen und damit die Kraftstoffeinspritzung beendet werden, so wird in der Entlade-Phase eine - nun negative - Steuerspannung  $-u_E$ , die in diesem Ausführungsbeispiel wieder einen Gauß-förmigen Verlauf hat, vom Motorsteuergerät ST ausgegeben.

[0039] Zum Zeitpunkt t3, in welchem die Steuerspannung  $-u_E$  den Schwellwert  $s_-$  übersteigt, wird Umschalter S1 in Stellung i gelegt. Die Ansteuerschaltung A schaltet wieder in den Strommodus um, die Steuerspannung  $-u_E$  gelangt an den nichtinvertierenden Eingang des Leistungsverstärkers V1, mit dessen Ausgangssignal - dem zur Steuerspannung  $-u_E$  proportionalen Ladestrom  $-i_P$  - der Piezoaktor P nun entladen wird.

[0040] Am Piezoaktor P baut sich die Ladespannung  $u_P$  ab. Die im Spannungsteiler T1 geteilte Spannung  $u_P/100$  wird weiter der Sample-and-Hold-Schaltung SH zugeführt und in dieser solange mitgeführt, bis im Zeitpunkt t4 die Steuerspannung  $-u_E$  den Schwellwert  $s_-$  unterschreitet und der Ladestrom  $-i_P$  wieder zu Null wird. Dadurch springt das

Ausgangssignal k des Fensterkomparators K auf L, der Umschalter S1 geht in Stellung u, die Entladephase ist beendet und es beginnt wieder der u-Modus, der so lange dauert, bis eine neue Ansteuerung des Piezoaktors erfolgt.

[0041] Mit dem Sprung des Ausgangssignals k des Fensterkomparators K von H nach L im Zeitpunkt t4 wird die momentan am Piezoaktor P anliegende Ladespannung  $u_p \approx 0$  V in der Sample-and-Hold-Schaltung SH als Sollwert  $u_{p\_soll}$  gespeichert und die Piezospaltung  $u_p$  auf diesen Wert oder auf den Wert  $S_{ext}$  eingeregelt.

[0042] In weiterer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Ansteuerschaltung kann zwischen dem Unterschreiten des Schwellwerts  $s_+$ ,  $s_-$  durch die Steuerspannung  $u_E$  und dem Umschalten des Ausgangssignals k des Fensterkomparators K eine Verzögerungszeit  $t_v$  vorgesehen sein, um mögliche Überschwingvorgänge der Piezospaltung auszublenzen. Dann wird erst zu den Zeitpunkten t2' und t4' in den Spannungsmodus umgeschaltet (Fig. 2).

[0043] Damit ist der Ausgangszustand wieder erreicht und ein Kraftstoff-Einspritzvorgang abgeschlossen. Es kann ein weiterer Ansteuervorgang desselben oder (bei Mehrzylinder-Brennkraftmaschinen) eines anderen Piezoaktors beginnen.

[0044] Für einen erhöhten Wirkungsgrad der Ansteuerschaltung A kann der Leistungsverstärker V1 auch als geschaltete Version ausgeführt werden. Mit hinreichender Taktfrequenz und einem nachgeschalteten Reaktanzfilter kann die Welligkeit der Ladungspakete, die dem Piezoaktor P zugeführt werden, beliebig klein gemacht werden, so dass ein quasi kontinuierlicher Strom in den Piezoaktor fließt. Der Spannungsregelkreis kann dabei unverändert bleiben.

#### Patentsprüche

1. Verfahren zum Ansteuern wenigstens eines Piezoaktors (P), insbesondere zum Betätigen eines Kraftstoff-einspritzventils einer Brennkraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Piezoaktor (P) während einer Lade-  
phase (t1 bis t2 oder t2') mit einem Ladestrom  $+i_p$  mit vorgegebener Amplitude und Kurvenform geladen wird, dass die am Piezoaktor (P) am Ende (t2, t2') der Lade-  
phase anliegende Piezospaltung  $u_{pist}$  während einer Haltephase (t2 oder t2' bis t3) mittels eines Haltestroms  $\pm i_p$  auf einen Konstantwert  $u_{p\_soll}$  geregelt wird, dass der Piezoaktor (P) während einer Entladephase (t3 bis t4 oder t4') mit einem Entladestrom  $-i_p$  mit vorgegebener Amplitude und Kurvenform entladen wird, und dass die am Piezoaktor (P) am Ende (t4 oder t4') einer Entladephase (t3 bis t4 oder t4') anliegende Piezospaltung  $u_{pist}$  bis zum Beginn (t1) einer weiteren Lade-  
phase auf einen Konstantwert  $u_{p\_soll}$  geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der den Piezoaktor (P) durchfließende Lade-, Halte- und Entladestrom  $i_p$  aus einer zu ihm proportionalen Steuer- oder Regelspannung  $u_E$  erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Piezoaktor (P)
  - in einer Lade-  
phase (t1 bis t2) oder in einer Entladephase (t3 bis t4) befindet, solange die Steuerspannung  $u_E$  größer als ein vorgegebener Schwellwert (s) ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Lade-  
phase (t1 bis t2) oder die Entladephase (t3 bis t4) um eine vorgegebene Zeitverzögerung (tv: t2 bis t2', t4 bis t4') verlängerbar ist.
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass ein als steuerbare Stromquelle geschalteter Leistungsverstärker (V1) vorgesehen ist, zwischen dessen Ausgang und invertierendem Eingang (–) der anzusteuern-  
de Piezoaktor (P) angeordnet ist, und zwischen dessen invertierendem Eingang (–) und Bezugspotential (GND) ein Widerstand (RS) angeordnet ist,

der dem Piezoaktor (P) einen der an seinem nichtinvertierenden Eingang (+) liegenden Steuerspannung  $u_E$  proportionalen Lade-, Entlade- oder Haltestrom  $i_p$  zuführt,

dass ein Umschalter (S1) vorgesehen ist, über welchen dem nichtinvertierenden Eingang (+) des Leistungsverstärkers (V1)

in Stellung (i) eine in Amplitude und Kurvenform vorgebbare, dem Lade- oder Entladestrom ( $\pm i_p$ ) proportionale Steuerspannung ( $\pm u_E$ ), und

in Stellung (u) eine dem Haltestrom proportionale Steuerspannung  $u_E$  zur Regelung der am Piezoaktor (P) liegenden Piezospaltung ( $u_p$ ) auf einen Sollwert  $u_{p\_soll}$  zuführbar ist,

dass eine Sample-and-Hold-Schaltung (SH) vorgesehen ist, welcher die am Piezoaktor (P) liegende Piezospaltung  $u_p$  als Istwert  $u_{pist}$  zugeführt und in ihr am Ende jeder Lade-  
phase und jeder Entladephase als Sollwert  $u_{p\_soll}$  gespeichert wird, und

dass ein Regler (R1) vorgesehen ist, der in Haltephasen die Piezospaltung  $u_p$  auf diesen Sollwert  $u_{p\_soll}$  regelt, indem er dem nichtinvertierenden Eingang (+) des Leistungsverstärkers (V1) über den Umschalter (S1) in dessen Stellung (u) eine von der Differenz  $u_{p\_soll} - u_{pist}$  abhängige Regelspannung  $u_E$  zuführt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Spannungsteiler (T1) vorgesehen ist, welcher die am Piezoaktor (P) anliegende Piezospaltung  $u_p$  in einem für die Weiterverarbeitung geeigneten Verhältnis teilt und als Istwert  $u_{pist}$  der Sample-and-Hold-Schaltung (SH) zuführt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass dem Regler (R1) ein Stellgrößenbegrenzer (S11) nachgeschaltet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass in der Sample-and-Hold-Schaltung (SH) statt des Sollwerts  $u_{p\_soll}$  ein extern eingegabbarer Sollwert  $S_{ext}$  gespeichert wird.

9. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Fensterkomparator (K) mit zwei vorgegebenen Schwellwerten  $s_+$  und  $s_-$  vorgesehen ist, von dessen Ausgangssignal (k)

im H-Pegel (solange die Eingangsspannung  $u_E$  außerhalb eines durch die Schwellwerte  $s_+$  und  $s_-$  vorgegebenen Komparatorfensters liegt) der Umschalter (S1) in Stellung (i) gelegt wird, und

mit Beginn des L-Pegels (sobald die Eingangsspannung  $u_E$  innerhalb des durch die Schwellwerte  $s_+$  und  $s_-$  vorgegebenen Komparatorfensters liegt) und eine vorgegebene Verzögerungszeit ( $t_v$ ) abgelaufen ist) die Sample-and-Hold-Schaltung (SH) veranlasst wird, die Piezospaltung  $u_{pist}$  als Sollwert  $u_{p\_soll}$  zu speichern.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass an Stelle des Ausgangssignals (k) des Fensterkomparators (K) ein externes Steuersignal  $U_{ext}$  vorgesehen ist, welches die Umschaltung des Umschalters (S1) und die Speicherung der Piezospaltung übernimmt.

FIG 1

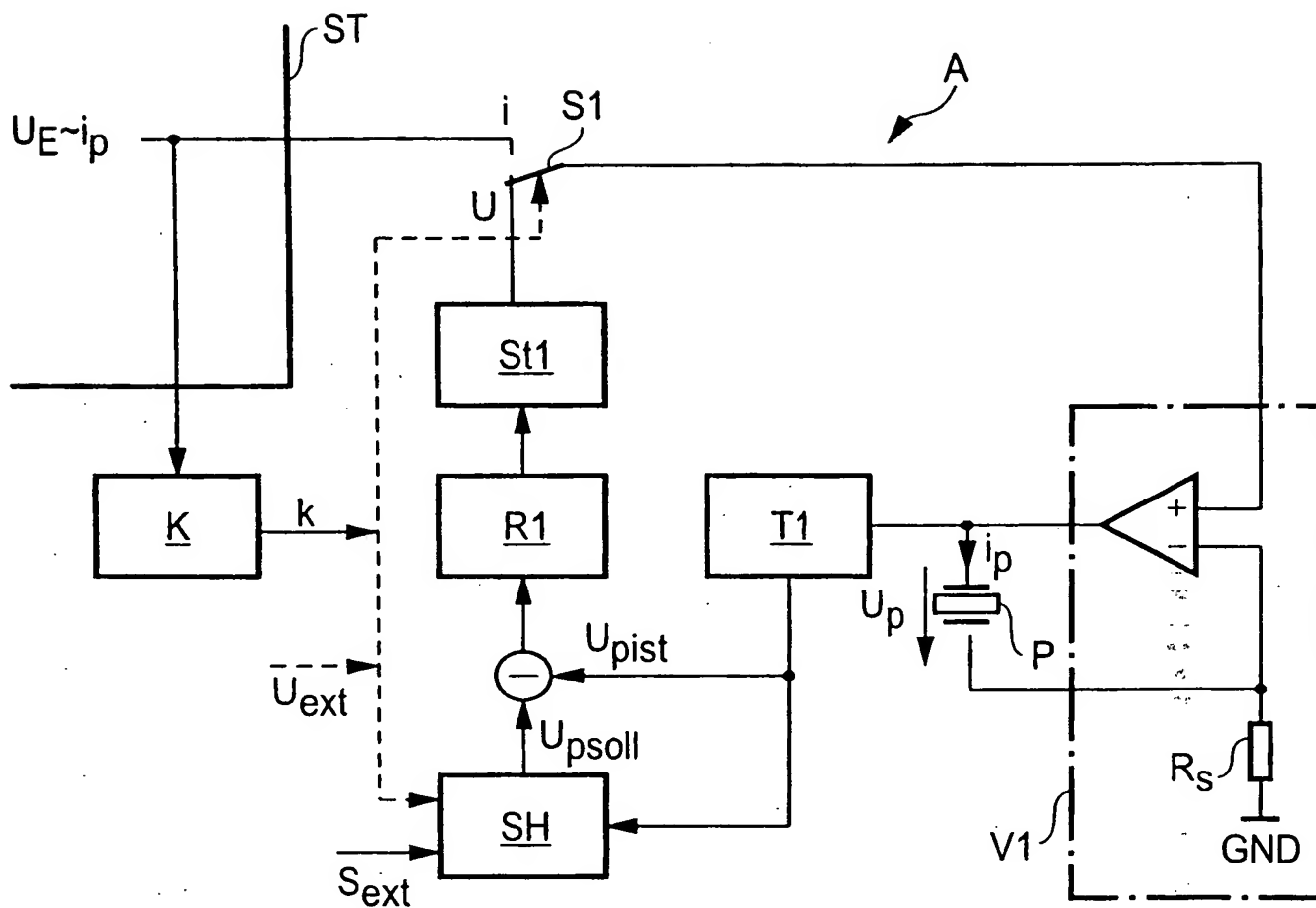
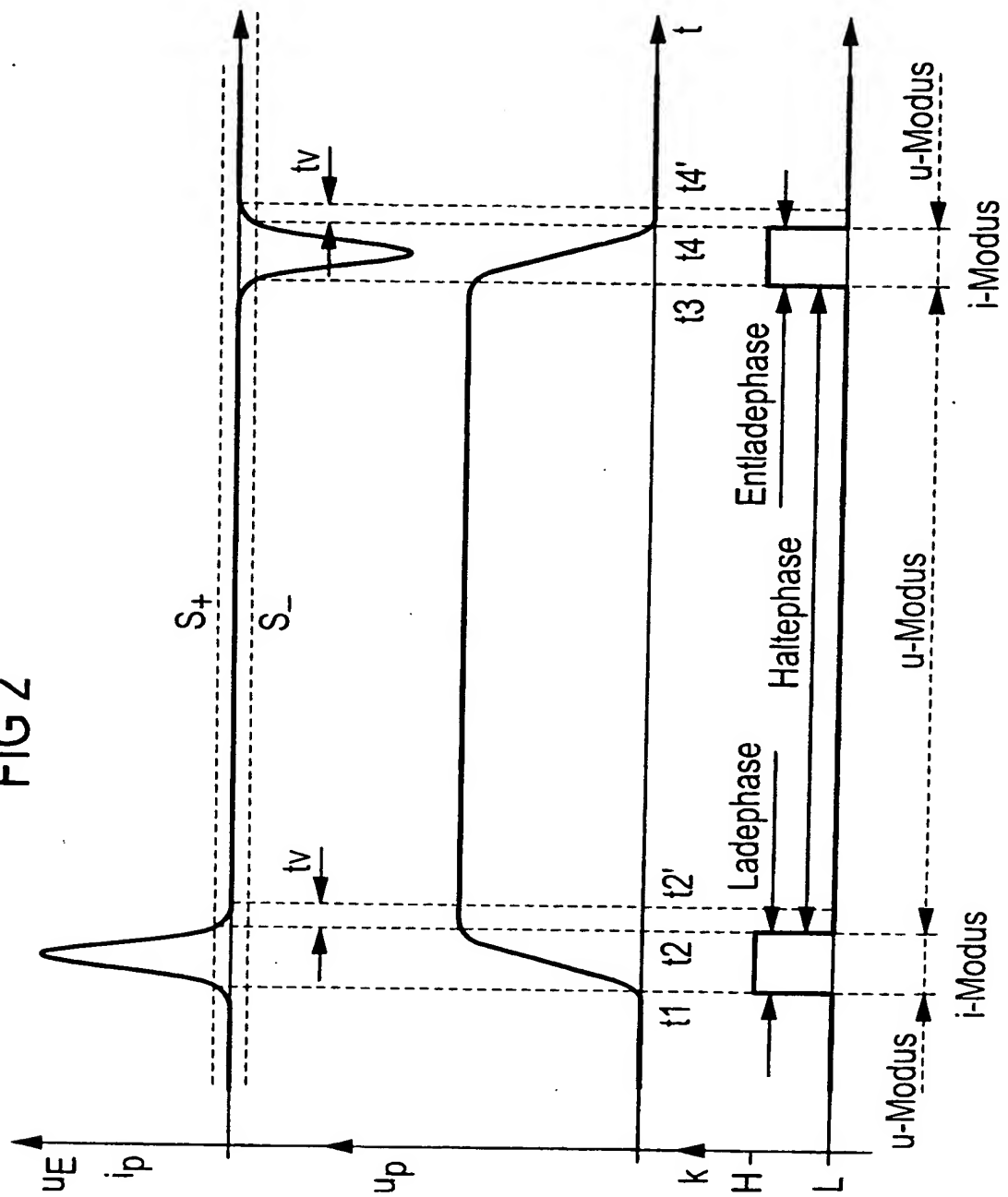


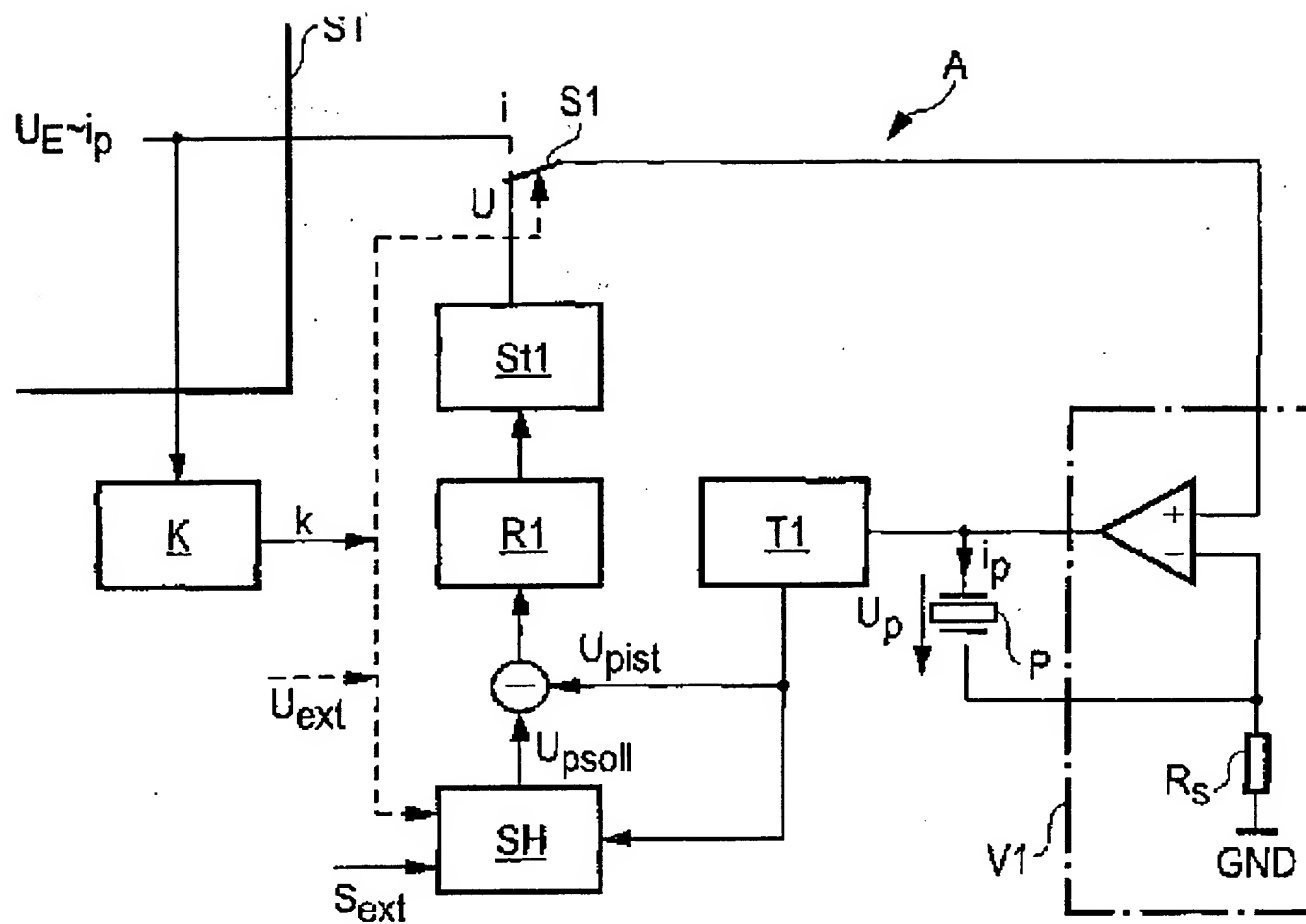
FIG 2



AN: PAT 2003-834921  
 TI: Method for triggering a piezoelectric actuator operates a fuel injection valve in an internal combustion engine using a power booster as a controllable source of current.  
 PN: DE10213875-A1  
 PD: 16.10.2003  
 AB: NOVELTY - A triggering circuit (A) triggers a piezoelectric actuator (P) that operates a motor vehicle fuel injection valve. A power booster (V1) couples up as a controllable source of current with a piezoelectric actuator to be triggered between its output and inverting input and a resistor (Rs) between its inverting input and a reference potential (GND). DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for a device for carrying out the method of the present invention.;  
 USE - With a piezoelectric actuator in a motor vehicle fuel injection valve. ADVANTAGE - During a charging/discharging phase, the piezoelectric actuator is charged/discharged with a current (ip) with a preset amplitude and curve. A piezoelectric voltage applied to the piezoelectric actuator at the end of a charging/discharging phase is regulated at a constant value during a holding phase by means of a holding current.  
 DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a triggering circuit for a piezoelectric actuator. Triggering circuit A Reference potential GND Current with preset amplitude ip Piezoelectric actuator P Resistor Rs Power booster V1  
 PA: (SIEI ) SIEMENS AG;  
 IN: MELBERT J; SCHUGT M;  
 FA: DE10213875-A1 16.10.2003;  
 CO: DE;  
 IC: F02D-041/20; H02N-002/06;  
 MC: V06-N11D; V06-U03; X22-A02A;  
 DC: Q52; V06; X22;  
 FN: 2003834921.gif  
 PR: DE1013875 27.03.2002;  
 FP: 16.10.2003  
 UP: 03.12.2003

THIS PAGE BLANK (USPTO)





THIS PAGE BLANK (USPTO)

Docket # 83-03 P04867  
Applic. # 10/567 627  
Applicant: Aspelmayr et al  
Lerner Greenberg Steiner LLP  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101